



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

POSOUZENÍ KOTLŮ NA DOMOVNÍ VYTÁPĚNÍ

COMPARED TO DOMESTIC HEATING BOILERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karel Budai

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Baláš, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Karel Budai**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Marek Baláš, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Posouzení kotlů na domovní vytápění

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Domovní vytápění tuhými palivy zažívá díky nízkým cenám paliva svoji reinkarnaci a to i přes velkou snahu snižování negativních ekologických vlivů tohoto zdroje.

Hlavní náplní práce je porovnání různých kotlů na tuhá paliva vhodných pro vytápění rodinných domů. Student se bude věnovat hodným palivům a jejich vlastnostem, dále provede průzkum trhu s kotli na tuhá paliva a v závěru práce provede základní ekonomické posouzení vybraných typů kotlů.

Cíle bakalářské práce:

Přehled technologií kotlů pro vytápění RD.

Porovnání legislativních požadavků kladených na kotle na tuhá paliva a zemní plyn.

Výběr kotlů pro konkrétní RD a ekonomické posouzení vybraných variant.

Seznam literatury:

BALÁŠ, Marek. Kotle a výměníky tepla. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4770-7.

NOSKIEVIČ, Pavel, Pavel KOLIČNÝ a Tadeáš OCHODEK. Malé zdroje znečišťování, VEC Ostrava 2004.

MALAŤÁK, Jan a Petr VACULÍK. Biomasa pro výrobu energie. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. ISBN 978-80-213-1810-6.

QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 16. 10. 2016



doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá posouzením kotlů na domovní vytápění. V první kapitole jsou popsány technologie kotlů pro vytápění rodinného domu podle použitého paliva. Druhá kapitola se zabývá porovnáním legislativních požadavků kladených na kotle na tuhá paliva a zemní plyn. Závěrečná kapitola se věnuje ekonomickému posouzení vybraných kotlů z hlediska pořizovacích a provozních nákladů.

Klíčová slova

kotel, tuhá paliva, vytápění, legislativní požadavky, plynový kotel

Abstract

This bachelor thesis deals with assessment of domestic heating boilers. The first chapter describes the technology of boilers for heating a family house per the used fuel. The second chapter deals with the comparison of the legislative requirements imposed on the solid fuel and natural gas boilers. The final chapter deals with the economic assessment of selected boilers in terms of acquisition and operating costs.

Key words

boiler, solid fuels, heating, legislative requirements, gas boiler

Bibliografická citace

BUDAI, K. *Posouzení kotlů na domovní vytápění*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 39 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Posouzení kotlů na domácí vytápění vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s užitím uvedených podkladů a odborné literatury.

V Brně dne 22.5.2017

Podpis:

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Marku Balášovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při vypracovávání této práce.

1	ÚVOD.....	11
2	TECHNOLOGIE KOTLŮ PRO VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU	12
2.1	Kotle na tuhá paliva	12
2.1.1	Lokální zdroje tepla	13
2.1.2	Teplovodní zdroje tepla.....	13
2.1.2.1	Kotle s ručním přísunem paliva.....	14
2.1.2.2	Kotle s automatickým přísunem paliva	15
2.2	Plynové kotle	17
2.2.1	Standardní plynové kotle	18
2.2.2	Nízkoteplotní plynové kotle	18
2.2.3	Kondenzační plynové kotle.....	18
2.3	Kotle na kapalná paliva.....	19
2.3.1	Olejoyé nízkoteplotní kotle	20
2.3.2	Olejoyé kondenzační kotle	20
3	POROVNÁNÍ LEGISLATIVNÍCH POŽADAVKŮ KLADENÝCH NA KOTLE NA TUHÁ PALIVA A ZEMNÍ PLYN.....	21
3.1	Legislativní požadavky na kotle na tuhá paliva	21
3.1.1	Povinnosti výrobce a dovozce spalovacího zařízení	21
3.1.1.1	Požadavky na emisní třídy	21
3.1.1.2	Požadavky na účinnost kotle.....	22
3.1.1.3	Směrnice o ekodesignu pro kotle na tuhá paliva	23
3.1.2	Povinnosti provozovatele spalovacího zařízení.....	23
3.2	Legislativní požadavky na kotle na zemní plyn.....	24
3.2.1	Směrnice o ekodesignu pro kotle na plyná paliva	24
4	VÝBĚR KOTLŮ PRO KONKRÉTNÍ RODINNÝ DŮM A EKONOMICKÉ POSOUZENÍ VYBRANÝCH VARIANT	25
4.1	Popis vybraných kotlů k porovnání.....	25
4.1.1	Zplyňovací kotel na kusové dřevo ATMOS DC25GD	25
4.1.2	Zplyňovací kotle na dřevěné brikety ATMOS DC30RS	26
4.1.3	Automatický kotel na tuhá paliva VIADRUS A3W	26
4.1.4	Plynový kondenzační kotel Panther Condens	27
4.1.5	Olejoyý kondenzační kotel Logano plus GB125.....	28
4.2	Výpočet nákladů vybraných kotlů.....	29
4.2.1	Výpočet nákladů na vytápění kotlem ATMOS DC25GD.....	29
4.2.2	Výpočet nákladů na vytápění kotlem ATMOS DC30RS.....	30
4.2.3	Výpočet nákladů na vytápění kotlem VIADRUS A3W	31
4.2.3.1	Výpočet na vytápění hnědým uhlím	31
4.2.3.2	Výpočet na vytápění dřevěnými peletami	32
4.2.4	Výpočet nákladů na vytápění kotlem Panther Condens	32
4.2.5	Výpočet nákladů na vytápění kotlem Logano plus GB125	33
4.3	Grafické znázornění a zhodnocení výsledků.....	34

ZÁVĚR	35
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY.....	36
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	39

1 Úvod

Vytápění rodinného domu je možné několika způsoby. Nejvíce domácností k vytápění využívá plyn. Dále se používají kotle spalující kapalná a tuhá paliva. Mezi tuhá paliva patří uhlí, dřevo, pelety a biomasa.

Vzhledem ke stále se zpřísnujícím legislativním požadavkům jsou výrobci nuceni vyvíjet kotle s co možná největší účinností využití paliva. To vedlo k vyvinutí olejových a plynových kondenzačních kotlů, které dosahují vysoké účinnosti a jejich provoz je velmi ekologický. Vzhledem k vysoké ceně plynu je stále oblíbené vytápění tuhými palivy. Aby bylo využití energie tuhých paliv efektivnější, tak byly vyvinuty automatické kotle s řízeným spalováním. Pořizovací náklady na tyto kotle jsou mnohem vyšší než u standardních kotlů. Jejich provoz je však ekologický, a proto jsou často dotovány vládami zemí.

Cílem této práce je popsat technologie kotlů na vytápění rodinného domu. Následně uvést legislativní požadavky kladené na kotle na tuhá a plynná paliva a na závěr ekonomicky posoudit vhodnost použití vybraných kotlů na vytápění.

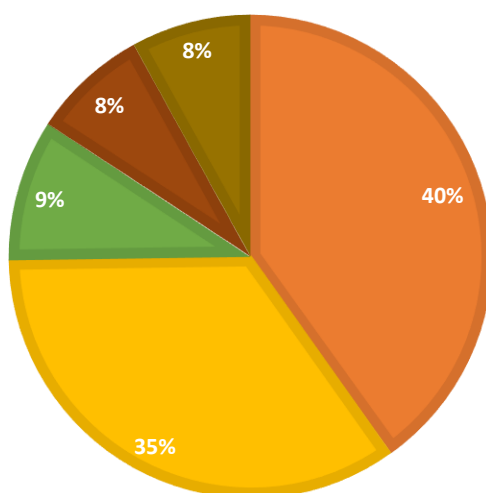
2 Technologie kotlů pro vytápění rodinného domu

Kotel je zařízení, kde se spalováním paliva uvolňuje tepelná energie, která ohřívá teplotonosnou látku. [1] K vytápění rodinného domu se používají kotle o výkonu maximálně několika desítek kilowatt. Výběr výkonu kotle závisí především na klimatických podmínkách, způsobu využívání, rozloze a tepelných ztrátách domu. Při výběru typu kotle a druhu paliva záleží i na uživatelském komfortu, pořizovacích a provozních nákladech. [2]

Kotle můžeme rozdělit do kategorií podle druhu spalovaného paliva:

- Kotle na tuhá paliva
- Kotle na plynná paliva
- Kotle na kapalná paliva

■ Plyn
 ■ Centrální zásobování tepla
 ■ Uhlí, koks, uhelné brikety
 ■ Elektřina
 ■ Dřevo



Graf 2.1 Vytápění domácností v ČR podle paliva [13]

Z grafu 2.1 vyplývá, že 65 % domácností používá k vytápění vlastní zdroj energie. Nejpoužívanějším palivem je plyn, kterým vytápí 40 % domácností. Uhlí využívá 9 % bytů, dřevo a elektřinu potom 8 %.

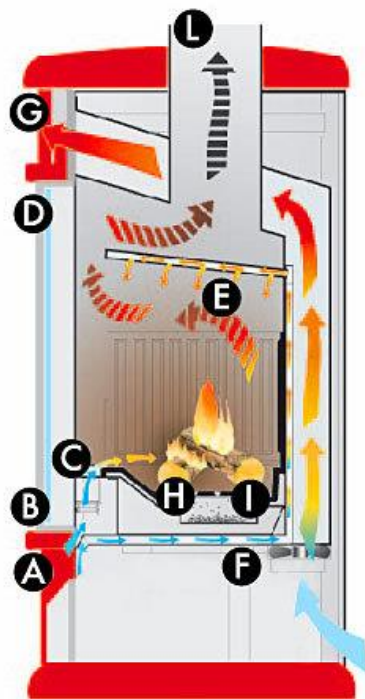
2.1 Kotle na tuhá paliva

Používání tuhých paliv na vytápění je stále oblíbené, je to dáno především jeho nízkou cenou. Donedávna bylo nejvíce používané uhlí, v posledních letech však jeho obliba výrazně klesla. V roce 2001 jej využívalo 575 000 bytů, v roce 2011 to již bylo pouze 346 000. Naopak domácností topících dřevem vzrostlo téměř o 76 % [14] z 167 341 na 293 660. [13,14]

Zařízení na vytápění dále můžeme rozdělit na lokální (teplo předávají přímo do místnosti) a teplovodní (uvolněné teplo se předá teplotonosné látce, která je pak rozvedena do jednotlivých prostor). [15]

2.1.1 Lokální zdroje tepla

Mezi nejstarší zdroje tepla, na vytápění bytových prostor, patří otevřené krby. Jako palivo se zde používá téměř výhradně dřevo. I v dnešní době jsou oblíbené, a to především kvůli blízkému kontaktu s plameny. Ale kvůli velmi nízké účinnosti (mezi 15 až 20 % [15]) se nejedná o úsporný zdroj tepla. Účinnosti spalování až 80 % [15] lze dosáhnout zabudováním uzavřené krbové vložky nebo použitím krbových kamen (obr. 2.1). Vyšší účinnost je dosažena hlavně díky uzavřenému ohništi a regulaci přívodu vzduchu pro spalování. [15]



- A – Vstup primárního vzduchu
- B – Regulace vstupu primárního vzduchu
- C – Výstup primárního vzduchu
- D – Vstup sekundárního vzduchu
- E – Výstup teplého sekundárního vzduchu
- F – Ventilátor
- G – Výstup teplého vzduchu
- H – Topeniště
- I – Popelník
- L – Spaliny

Obrázek 2.1 Krbová kamna [16]

2.1.2 Teplovodní zdroje tepla

Teplovodní kotel, sloužící k vytápění většího počtu místností, je umístěn v jedné místnosti (kotelně). Tepelná energie vzniklá spalováním tuhých paliv ohřívá teplotonosnou látku (nejčastěji vodu), která rozvádí teplo do jednotlivých místností. [1,17]

Důležitou vlastností kotlů je jejich schopnost řízení spalování, tzn. kontrola přísunu paliva a spalovacího vzduchu. [1]

Přísun spalovacího vzduchu může být:

- přirozený: vzduch je do ohniště nasáván pouze tahem komína speciálními otvory, které jsou mechanicky regulovatelné. [17]
- nucený: podtlak v ohništi je vytvořen odtahovým ventilátorem nebo je pomocí tlačného ventilátoru do něj přímo vháněn. Přísun vzduchu tímto způsobem je mnohem lépe regulovatelný a tím pádem máme větší kontrolu nad spalováním. [17]

Přísun paliva:

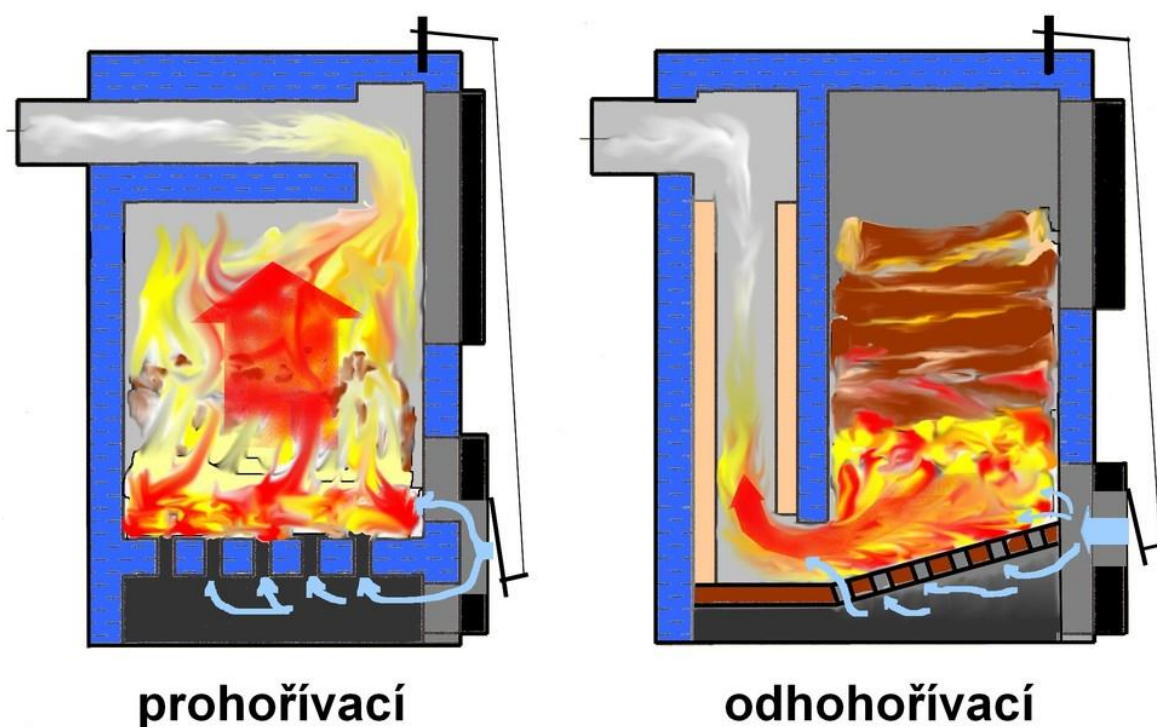
- ruční přísun paliva [1]
- automatický přísun paliva [1]

2.1.2.1 Kotle s ručním přísunem paliva

U kotlů s ručním přísunem paliva se palivo do ohniště dodává přes horní nebo čelní nakládací dvířka. Nejčastější konstrukčním řešením je velkoobjemové ohniště se spodním odhoříváním nebo prohoříváním. [3]

U prohořivacích kotlů (viz. obr. 2.2) dochází k postupnému spalování s tím, že spaliny prochází přes vrstvu paliva. [3] V ohništi dojde k poměrně rychlému nahoření veškerého paliva, tím dochází k samovolnému uvolňování prchavé hořlaviny. Původně byly prohořivací kotle konstruovány na spalování koksu, který neobsahuje prchavé hořlaviny. S tím je spojena značně omezená regulace výkonu a procesu hoření. [1,3] Typickým zástupcem jsou litinové kotle, které se však podle normy EN 303-5:2012 od roku 2013 nesmí prodávat a od roku 2022 již nebudou moci být ani v provozu. [4] Výhodou u těchto kotlů je především nízká pořizovací cena. [2]

U odhořivacích kotlů (viz. obr. 2.2) palivo postupně odhořívá ve spodní části násypky, tím dochází k částečné regulaci přísunu paliva. Využití hořlaviny je o něco větší než u prohořivacích kotlů, je to dáno tím, že prchavá látka prochází spalovací komorou, kde jsou vysoké teploty. [17]



Obrázek 2.2 Prohořivací a odhořivací kotel [1]

Další možnou technologií pro vytápění rodinného domu je zplyňování. Spalování každého tuhého paliva probíhá nejdříve ve fázi zplyňování, kdy se uvolní hořlavé plyny, které poté hoří při spalovací fázi. U zplyňovacích kotlů (obr. 2.3) jsou tyto fáze od sebe odděleny, to umožňuje lepší řízení spalování. Do vrchní části, která slouží i jako zásobník paliva, je přivedený primární vzduch. V této části dochází k uvolnění hořlavých plynů z termického rozpadu paliva. Vzniklé spaliny jsou vedeny do spalovací komory, kde za přísunu sekundárního vzduchu shoří. Lepšího spalování je docíleno pomocí ventilátoru. Ten může spalovací vzduch vhánět přímo do kotle nebo je ventilátor umístěn na výstupním hrdle kouřovodu a odvádí spaliny ven ze spalovací komory. [2] Zplyňovací kotle dosahují vysoké účinnosti až 90 % a produkují méně

znečišťujících látek než klasické kotle. [3] Z toho důvodu tyto kotle bez problémů dosahují emisní třídy 3 a podle normy EN 303-5:2012 budou moci být v provozu i po roce 2022. [2,3,4]

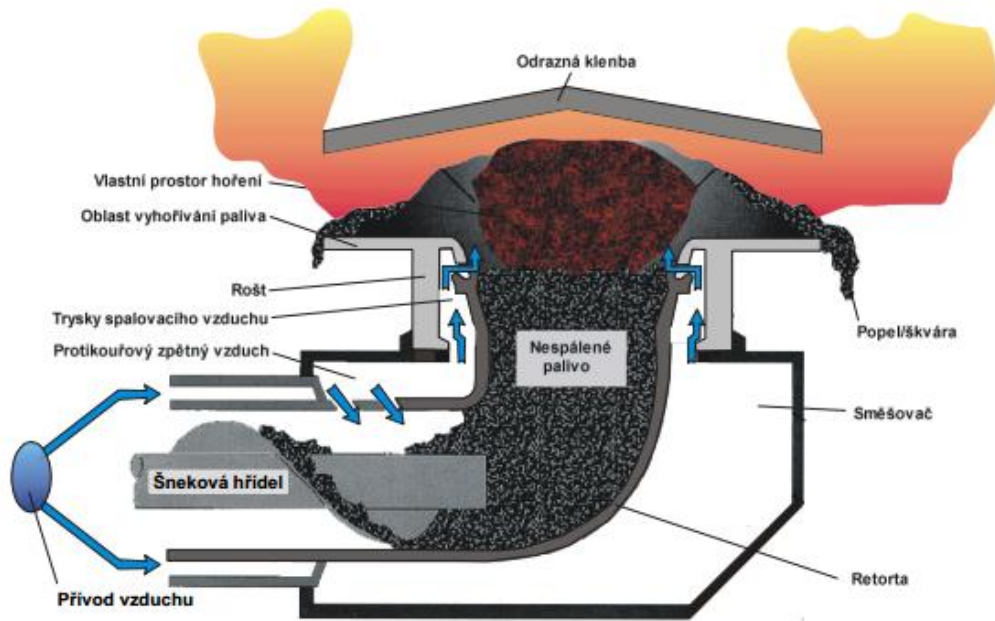


Obrázek 2.3 Zplyňovací kotel [3]

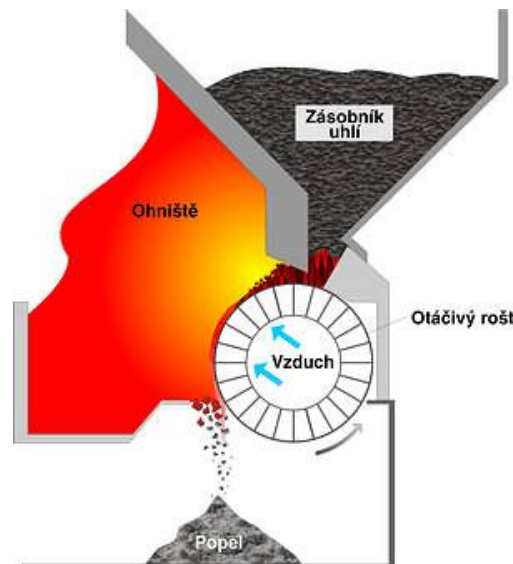
2.1.2.2 Kotle s automatickým přísunem paliva

Moderní kotle používají automatický přísun paliva do ohniště. Nejčastěji se k dopravě paliva do ohniště využívají šnekové dopravníky a otáčivé rošty (viz. obr. 2.4 a 2.5). Je technicky velmi náročné nepřetržitě dodávat velmi malé množství paliva, proto je přísun paliva přetržitý, periodický a celý proces automatizován tak, že impulsem k spuštění dopravníku je výstupní teplota spalin nebo vody. Kontinuální přísun paliva zajišťuje stabilitu spalovacího procesu, stabilitu požadovaného výkonu, vysokou účinnost, ekologický provoz a komfort pro uživatele. Vzhledem k požadavku na spolehlivý kontinuální přísun malého množství paliva jsou ke spalování v automatických kotlích vhodné pelety, tříděné uhlí a dřevní štěpka. [2,3]

U automatických kotlů na uhlí se k dopravě uhlí do ohniště používá šnekový dopravník a otáčivý rošt. Šnekový dopravník dopravuje tříděné uhlí velmi zvolna do retorty, kde horní vrstva paliva trvale hoří. Prostor nad vrstvou je kryt keramickou klenbou, která napomáhá udržení dostatečně vysoké teploty hoření. V horní vrstvě uhlí vyhořívá a nepřetržitým tokem paliva vypadává popel přes okraj vrstvy dolů do popelníku. Kotel využívající otáčivý rošt má velmi podobné vlastnosti, jako kotel se šnekovým dopravníkem. Rošt se pomalu otáčí a odebírá palivo, které se poté zapálí a vyhoří. Vzhledem k tomu, že přísun paliva není nepřetržitý, tak kotle používající šnekový dopravník umožňují větší regulaci výkonu, protože uhlí v retortě zůstává dlouhou dobu žhavé. [2,3]



Obrázek 2.4 Ohniště se šnekovým dopravníkem [2]



Obrázek 2.5 Ohniště s otáčivým roštem [2]

Automatických kotlů na pelety jsou dva druhy. Kotle spalující pouze pelety a spalující pelety i polena, které lze nastavit na spalování pelet nebo kusového dřeva. Díky tomu, že rozměry a vlastnosti pelet se téměř neliší, tak se k regulaci spalovacího procesu využívá především dávkování paliva. Podle přísunu paliva rozlišujeme topeniště se spodním, příčným a horním přísunem paliva. Zatímco kotle se spodním a příčným přívodem paliva jsou vhodné pro různá paliva, tak kotle s horním přísunem paliva, zobrazený na obr. 2.6, jsou zkonstruovány pouze pro spalování pelet. Díky velkým zásobníkům na pelety, které pojmu množství pelet na vytápění od jednoho dne až jednoho týdne, se požadavky na obsluhu minimalizují. Nevýhodou je pořizovací cena, která je až 10x vyšší než u klasických velkoobjemových kotlů. [3]



Automatický kotel na pelety se zásobníkem

Legenda

1. Dvířka popelníku
2. Deska pro čištění roštu
3. Primární vzduch
4. Samočistící rošt
5. Sekundární vzduch
6. Deska vytvářející turbulenci spalin
7. Padací šachta odolná proti zpětnému zahoření
8. Zklidňovací zóna
9. Táhlá čištění výměníku
10. Servomotor pro čištění roštu
11. Automatické podpalování
12. Keramická izolace
13. Izolace
14. Vířulátory/ vířidla
15. Trubkový výměník tepla
16. Odtahový ventilátor
17. Sonda lambda
18. Kouřové čidlo
19. Ovládání s komfortním uživatelským programem
20. Senzor pro ukazatel naplnění
21. Motor
22. Převodovka
23. Sací turbína
24. Zásobník
25. Šnekový dopravník pelet
26. Kontrolní senzor
27. Dávkovač

Obrázek 2.6 Automatický kotel na pelety s horním přívodem paliva [18]

Z důvodu nižších pořizovacích nákladů se nahrazují plynové a naftové hořáky za hořáky na pelety. Je však nutné počítat s tím, že výkon těchto kotlů na pelety je jen 60 %. [3] Dále je nutno splnit několik podmínek: vhodná velikost spalovací komory, pravidelné čištění hořáku a komín odolný proti vyhoření sazí s vhodným tahem. Hořák lze namontovat i k hořáku na polena. [3]

Kotle na dřevní štěpku vyžadují důmyslnou konstrukci, a to především kvůli různorodé vlhkosti paliva. Pořizovací náklady jak kotle, tak i vnějšího zařízení jsou velmi vysoké. Nízká cena dřevní štěpky však kompenzuje vysoké pořizovací náklady, proto se ekonomičnost těchto kotlů zvyšuje se zvyšující se spotřebou energie. Z toho důvodu nejsou vhodné k vytápění rodinného domu. [3]

2.2 Plynové kotle

Z posledního sčítání lidu domů a bytů v roce 2011 vyplývá, že plyn k vytápění používá téměř 1,5 milionu domácností. [13] V České republice se tedy jedná o nejpoužívanější palivo. Největší rozšíření zemního plynu došlo v 90. letech, kdy proběhla rozsáhlá plynofikace. [19]

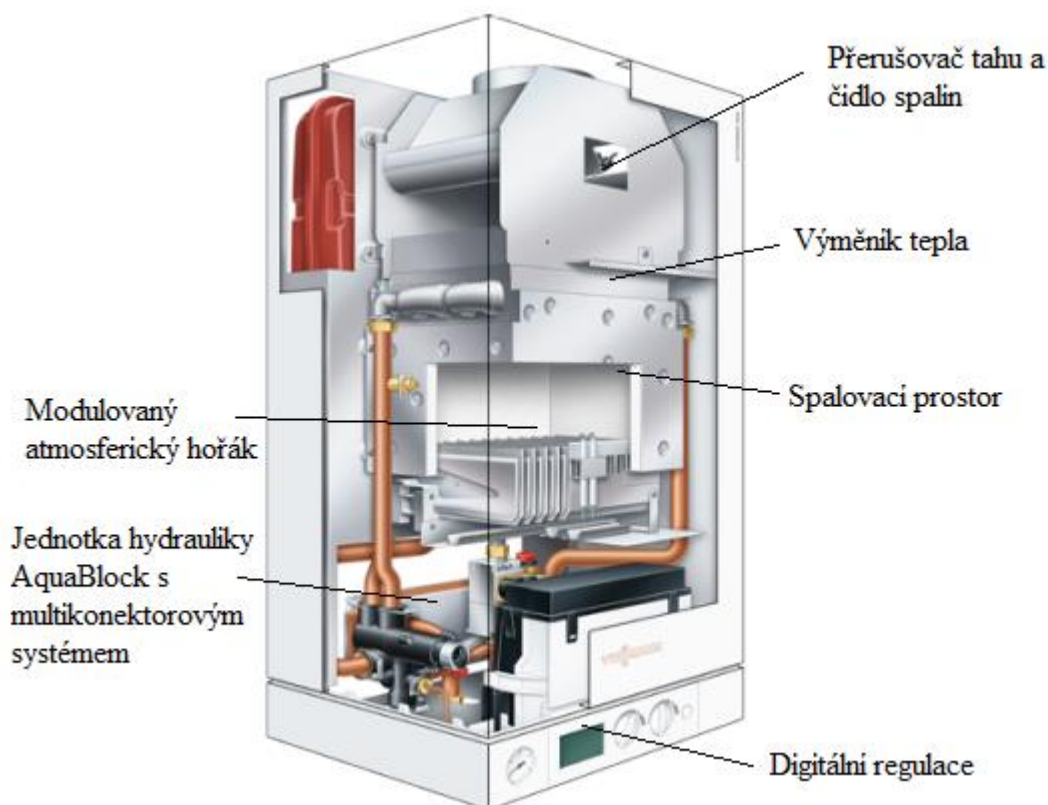
Zemní plyn má výhodné jak energetické, tak i environmentální parametry. Provoz kotle je zcela automatický s velmi dobrou regulací. Cena zemního plynu je vyšší než u tuhých paliv, ale oproti vytápění tuhými palivy je vytápění zemním plynem bezobslužné. [2]

2.2.1 Standardní plynové kotle

Jsou navrženy pro provoz se suchými spaliny. Teplota vstupní vody nesmí klesnout pod 60 °C. Proto je za kotlem osazeno zařízení, které zajišťuje ohřátí vstupní vody na dostatečně vysokou teplotu. Pokud by vstupní voda měla nižší teplotu, docházelo by ke kondenzaci a následné korozi. Teplota spalin se pohybuje v rozsahu 120 až 180 °C. Výkon kotle může být řízen podle venkovní teploty. Z plynových kotlů dosahují nejnižší účinnosti a to okolo 91 %. [20]

2.2.2 Nízkoteplotní plynové kotle

Stejně jako standardní plynové kotle jsou navrženy pro provoz se suchými spaliny. Nízkoteplotní kotel (obr. 2.7) však může pracovat i se vstupní vodou o teplotě 35 až 40 °C. Kvůli tomu v kotli může dojít ke kondenzaci, z toho důvodu musí být teplosměnná plocha vyrobena z materiálu odolnějšího proti korozi (nejčastěji litinové článkové kotle). Nižší je i teplota spalin, která se pohybuje od 90 do 140 °C. Účinnost těchto kotlů je průměrně 93 %. [20]



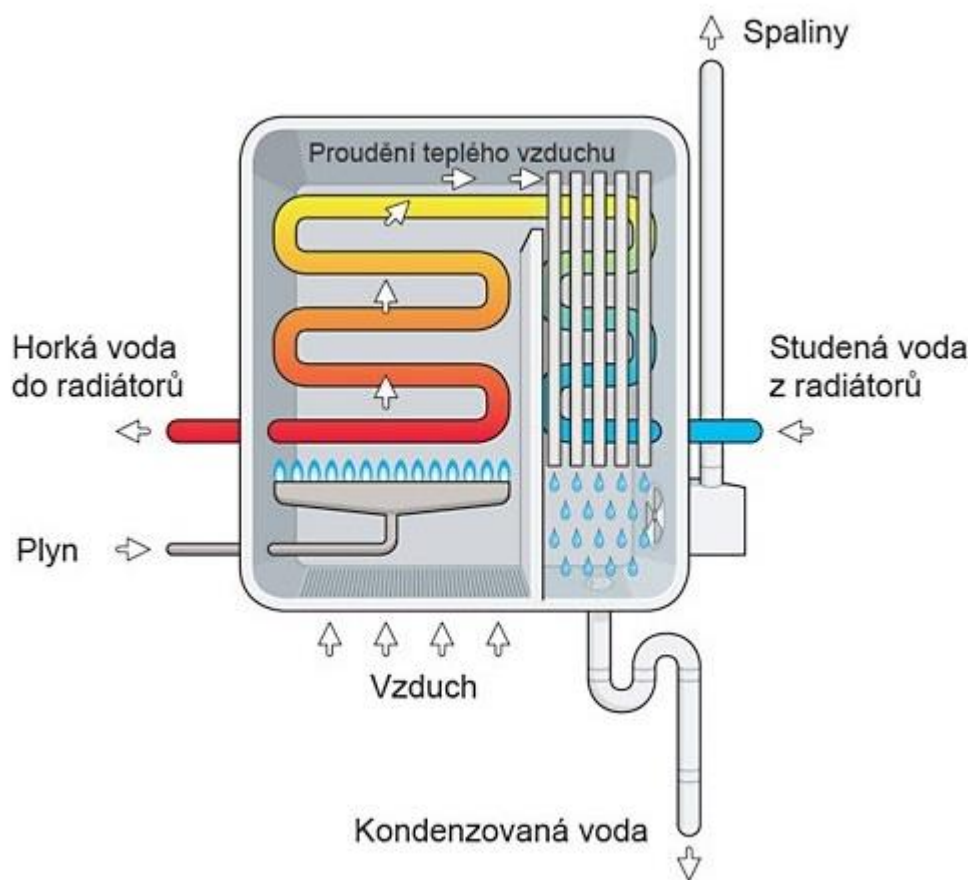
Obrázek 2.7 Nástěnný plynový kombinovaný kotel VITOPEND 100-W [21]

2.2.3 Kondenzační plynové kotle

Vzhledem ke zvyšujícím se cenám zemního plynu, ale i ostatních paliv, výrobci vyvíjí kotle s co možná nejvyšší účinností. To vedlo k vývoji kotlů, které dokáží využít kondenzační teplo vodní páry, obsažené ve spalinách. [2]

Protože v kotli dochází ke kondenzaci vody, musí být teplosměnná plocha vyrobena z materiálu odolávajícímu korozi (nerezová ocel, hliníko-hořčíková slitina). Teplota vstupní vody není omezena. Teplota spalin je od 40 do 90 °C, ta je závislá na teplotě vstupní vody. Účinnost kondenzačních kotlů dosahuje až 109 %. [22] Pro plné využití je potřeba použít nízkoteplotní vytápění (nejlépe podlahové), aby se zaručilo, že bude vodní pára v kotli kondenzovat.

Komínová konstrukce musí odolávat korozi a musí být vybavena odvodem kondenzátu, protože zde také dochází ke kondenzaci. Proto je počáteční investice poměrně vysoká, ale díky nižší spotřebě paliva by se měla vrátit do 5 let. [20,22] Schéma kondenzačního kotle můžete vidět na obr. 2.8.



Obrázek 2.8 Kondenzační plynový kotel [23]

2.3 Kotle na kapalná paliva

V České republice, na rozdíl od Rakouska a Německa, není spalování kapalných paliv příliš rozšířeno, a to zejména kvůli rozsáhlé plynofikaci a ceně topných olejů, která je vyšší než u ostatních paliv. Proto se využívají hlavně v místech se špatným přístupem a tam, kde není zavedený plyn. Výhodou kotlů na kapalná paliva je zcela automatický provoz a možnost kombinace s ostatními zdroji energie. [2]

Kotle na spalování kapalných paliv se podobají plynovým kotlům. Ty se od sebe liší především hořákem. Ten je v případě kotlů na kapalná paliva rozprašovací (obr. 2.9), aby se palivo dostatečně rozprášilo a tím se zaručilo dokonalé hoření. [2]



Obrázek 2.9 Nízkoemisní olejový hořák s jednostupňovou regulací výkonu GULLIVER BGK1 [24]

V dnešní době se u malých zdrojů tepla jako palivo nejčastěji používají extra lehké topné oleje (ELTO). Provoz kotle na ELTO je zcela automatický a snadno se reguluje. Vyžadují však čištění kouřovodu a pravidelnou údržbu hořáku. Je to moderní ekologické palivo s vysokou výhřevností, které není potřeba předhřívat. Jeho cena se však odvíjí od ceny ropy a je zatížena spotřební daní. [2,25,26]

2.3.1 Olejové nízkoteplotní kotle

Účinnost těchto kotlů dosahuje až na 88 % [25] energie obsažené v palivu. Díky automatické regulaci kotel ohřívá topnou vodu v závislosti na venkovní teplotě. Čím vyšší je venkovní teplota, tím nižší je teplota topné vody. [25]

2.3.2 Olejové kondenzační kotle

Fungují stejně jako nízkoteplotní kotle, ale dosahují vyšší účinnosti (až 98 %). Je to dáno tím, že využívají i teplo obsažené ve spalinách. Kotel je vybaven výměníkem tepla, díky kterému vodní pára obsažená ve spalinách kondenzuje a uvolněné teplo se přenáší do topného systému. [25,27]

3 Porovnání legislativních požadavků kladených na kotle na tuhá paliva a zemní plyn

Z posledních studií vyplývá, že malé spalovací zařízení mají relativně velký vliv na kvalitu ovzduší, a to především při zhoršených rozptylových podmínkách (inverze) ve vesnicích a malých městech. [28]

3.1 Legislativní požadavky na kotle na tuhá paliva

3.1.1 Povinnosti výrobce a dovozce spalovacího zařízení

V současné době je v zemích EU platná norma EN 303-5:2012, která se týká kotlů na tuhá paliva pro ústřední vytápění o jmenovitém tepelném výkonu nejvýše 500 kW. Jsou v ní popsány požadavky na konstrukční materiály, způsoby zkoušení kotlů, bezpečnost a emisní limity. Tato norma v roce 2013 nahradila normu EN 303-5:1999. [4,5]

3.1.1.1 Požadavky na emisní třídy

Původní norma EN 303-5:1999 stanovila emisní třídy kotlů 1 až 3, přičemž emisní třídu 3 většinou splňovaly moderní zplyňovací a automatické kotle. Nová norma již neobsahuje emisní třídy 1 a 2, naopak přibyly třídy 4 a 5. Emisní limity podle původních norem jsou uvedeny v tab. 3.1 a podle nových norem v tab. 3.2. [28]

Dodávka paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný výkon	Hodnoty emisí												
			CO	OGC (celkový organický uhlík)						Prach					
				mg/m³ při 10 % O₂											
				Emisní třída											
				1	2	3	1	2	3				1	2	3
Ruční	Biopaliva	≤50	25000	8000	5000	2000	300	150	200	180	150				
		>50≤150	12500	5000	2500	1500	200	100	200	180	150				
		>150≤300	12500	2000	1200	1500	200	100	200	180	150				
	Fosilní Paliva	≤50	25000	8000	5000	2000	300	150	180	150	125				
		>50≤150	12500	5000	2500	1500	200	100	180	150	125				
		>150≤300	12500	2000	1200	1500	200	100	180	150	125				
Samo- činná	Biopaliva	≤50	15000	5000	3000	1750	200	100	200	180	150				
		>50≤150	12500	4500	2500	1250	150	80	200	180	150				
		>150≤300	12500	2000	1200	1250	150	80	200	180	150				
	Fosilní paliva	≤50	15000	5000	3000	1750	200	100	180	150	125				
		>50≤150	12500	4500	2500	1250	150	80	180	150	125				
		≥150≤300	12500	2000	1200	1250	150	80	180	150	125				

Tabulka 3.1 Mezní hodnoty emisí podle normy EN 303-5:1999 [5]

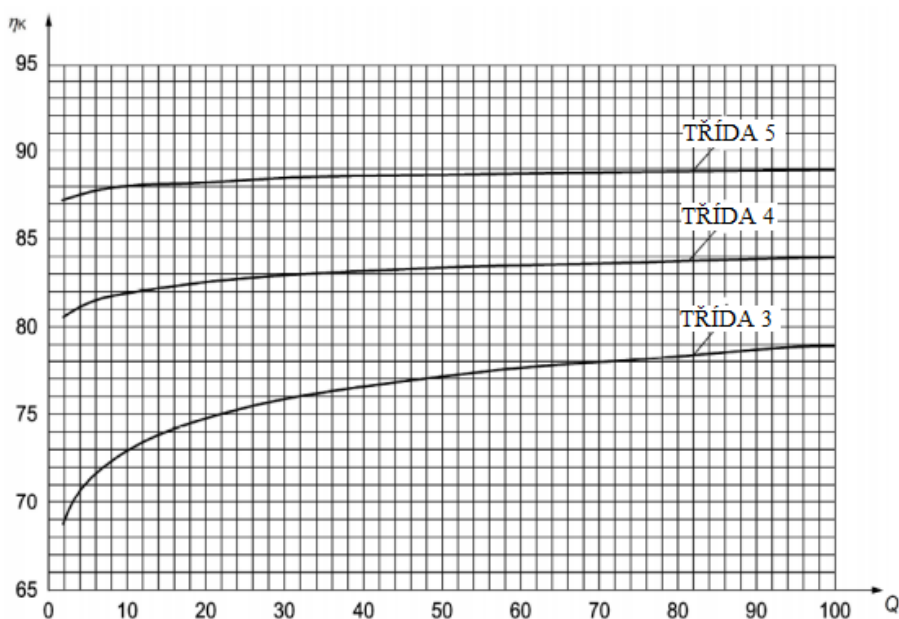
Dodávka paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný výkon	Hodnoty emisí									
			CO			OGC (celkový organický uhlík)			Prach			
			mg/m³ při 10 % O₂									
			Emisní třída									
kW			3	4	5	3	4	5	3	4	5	
Ruční	Biopaliva	≤50	5000				150			150		
		>50≤150	2500				100			150		
		>150≤500	1200	1200	700	100	50	30	150	75	60	
	Fosilní Paliva	≤50	5000				150			125		
		>50≤150	2500				100			125		
		>150≤500	1200				100			125		
Samočinná	Biopaliva	≤50	3000				100			150		
		>50≤150	2500				80			150		
		>150≤500	1200	1000	500	80	30	20	150	60	40	
	Fosilní paliva	≤50	3000				100			125		
		>50≤150	2500				80			125		
		>150≤500	1200				80			125		

Tabulka 3.2 Mezní hodnoty emisí podle normy EN 303-5:2012 [4]

Kotle splňující emisní třídu 1 a 2 se v ČR od ledna 2014 nesmí prodávat, ale mohou být dále v provozu. V roce 2018 dojde k dalšímu zprůsnění a bude možné prodávat kotle, které splní emisní třídu 4. Od roku 2022 již nesmí být v provozu zařízení (kotle, kamna a krbové vložky s teplovodním výměníkem o celkovém příkonu od 10 do 300 kW), která nesplňují alespoň emisní třídu 3. [4]

3.1.1.2 Požadavky na účinnost kotle

Požadovaná minimální účinnost kotle definovaná normou je závislá na třídě kotle a na jmenovitém výkonu kotle viz. graf 3.1. Těchto účinností bez problémů dosahují zplyňovací a automatické kotle, avšak platí to pro provoz při jmenovitém výkonu. Při nižším výkonu se zhoršuje kvalita spalování a klesá účinnost kotle. Splnění požadavku na minimální účinnost se v ČR a jiných zemích EU kontroluje pouze při uvádění výrobku na trh. Výjimku tvoří Rakousko, kde se účinnost kotlů ověřuje i v reálném provozu. [28]



Graf 3.1 Požadavek na minimální účinnost kotlů podle EN 303-05:2012 [4]

3.1.1.3 Směrnice o ekodesignu pro kotle na tuhá paliva

Nařízení Komise 2015/1189 se týká kotlů na tuhá paliva o jmenovitém tepelném výkonu do 500 kW. Nevztahuje se na kotle vyrábějící teplo výlučně k poskytování teplé pitné vody a užitkové vody, pro ohřev a rozvod plyných teplotosných medií, na nedřevní biomasu a kogenerační kotle na tuhá paliva (s elektrickým výkonem od 50 kW). Při posuzování kotlů na tuhá paliva byly za významné označeny tyto parametry: spotřeba energie, emise částic (prach), organických plyných sloučenin, oxidu uhelnatého a oxidu dusíku ve fázi používání. Limitní hodnoty, které kotle na tuhá paliva musí splňovat od 1. ledna 2020 jsou uvedeny v tab. 3.3. [6]

<i>Parametry pro ekodesign</i>	<i>Limitní hodnoty</i>
<i>Sezónní energetická účinnost vytápění</i>	Min. 75 % (o výkonu do 20 kW) Min. 77 % (o výkonu nad 20 kW)
<i>Sezónní emise částic</i>	Max. 40 mg/m ³ (s automatickým přikládáním) Max. 60 mg/m ³ (s ručním přikládáním)
<i>Sezónní emise organických plynů</i>	Max. 20 mg/m ³ (s automatickým přikládáním) Max. 30 mg/m ³ (s ručním přikládáním)
<i>Sezónní emise oxidu uhelnatého</i>	Max. 500 mg/m ³ (s automatickým přikládáním) Max. 700 mg/m ³ (s ručním přikládáním)
<i>Sezónní emise oxidu dusíku</i>	Max. 200 mg/m ³ (na biomasu) Max. 350 mg/m ³ (na fosilní paliva)

Tabulka 3.3 Požadavky na ekodesign pro kotle na tuhá paliva [6]

Z tab. 3.3 vyplývá, že požadavky na ekodesign splňují pouze kotle na tuhá paliva, která podle tab. 3.2 dosahují emisní třídy 5.

3.1.2 Povinnosti provozovatele spalovacího zařízení

Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší zakazuje ve spalovacích zařízeních do příkonu 300 kW spalovat lignit, hnědé energetické uhlí a kaly. Provozovatel stacionárního spalovacího zařízení o příkonu od 10 do 300 kW, sloužící k ohřevu vody pro ústřední vytápění, je povinen

jednou za dva roky provádět kontrolu technického stavu a provozu spalovacího zařízení. První kontrola musí být provedena nejpozději do 31. prosince 2016. [29]

3.2 Legislativní požadavky na kotle na zemní plyn

Od 26. září 2015 je v platnosti směrnice o ekodesignu, která stanovuje parametry účinnosti vytápění pro kotle na plynná paliva.

3.2.1 Směrnice o ekodesignu pro kotle na plynná paliva

Nařízení Komise 813/2013 stanovuje požadavky na ekodesign ohříváčů pro vytápění vnitřních prostorů a kombinovaných ohříváčů o jmenovitém tepelném výkonu do 400 kW. Naopak se nevztahuje na ohříváče navržené pro spalování plynných a kapalných paliv vyrobených z biomasy, ohříváče sloužící k ohřevu plynných teplotnosných látek, vyrábějící teplo pro dodávku teplé pitné a užitkové vody, kogenerační ohříváče (o elektrickém výkonu min. 50 kW). Limitní hodnoty sezónní energetické účinnosti platné od 26. září 2015 a požadavky na emise oxidů dusíku platné od 26. září 2018 jsou uvedeny v tab. 3.4 (pozn.: hodnoty jsou udávány pouze pro ohříváče na plynná paliva určená k vytápění vnitřních prostor). [7]

<i>Parametry pro ekodesign</i>	<i>Limitní hodnoty</i>
<i>Sezónní energetická účinnost vytápění</i>	Min. 86 % (o výkonu do 70 kW u kotlů do 70 kW)
	Min. 75 % (kotle typu B1 o výkonu do 10 kW)
	Min. 94 % (při 30 % jmenovitého výkonu u kotlů od 70 do 400 kW)
	Min. 86 % (při 100 % jmenovitého výkonu u kotlů od 70 do 400 kW)
<i>Emise oxidů dusíku</i>	Max. 56 mg/kWh

Tabulka 3.4 Požadavky na sezónní energetickou účinnost pro ohříváče na plynná paliva [7]

Z tab. 3.4 vyplývá, že limitní hodnoty sezónní účinnosti pro ekodesign splňují pouze kondenzační kotle.

4 Výběr kotlů pro konkrétní rodinný dům a ekonomické posouzení vybraných variant

Vybrané kotle pro vytápění konkrétního rodinného domu budou porovnány z hlediska pořizovacích a provozních nákladů.

4.1 Popis vybraných kotlů k porovnání

Vybrané kotle k porovnání:

- Zplyňovací kotel ATMOS DC25GD (obr. 4.1)
- Zplyňovací kotle na dřevěné brikety ATMOS DC30RS (obr. 4.2)
- Automatický kotel na tuhá paliva VIADRUS A3W (obr. 4.3)
- Kondenzační plynový kotel Panther Condens (obr. 4.4)
- Kondenzační olejový kotel Logano plus GB125 (obr. 4.5)

Některé kotle jsou zařazeny do kotlíkových dotací, díky čemuž se jejich pořizovací cena sníží. Při ekonomickém posouzení jsem u všech kotlů počítal s cenou bez kotlíkových dotací.

4.1.1 Zplyňovací kotel na kusové dřevo ATMOS DC25GD

„Kotle Generátor Dokogen se vyznačují speciálním topeništěm, které je z obou stran vyloženo keramickými tvarovkami, ve spodní části opatřené otvory pro přívod přehřátého primárního vzduchu, zplyňovací tryskou s otvory pro přívod sekundárního vzduchu a spodní spalovací komorou s kulovým keramickým prostorem. Zadní spalínový kanál je vybaven trubkovým výměníkem. Zplyňování dřeva s následným spalováním dřevního plynu v keramickém spalovacím prostoru zaručuje optimální vyhoření všech spalitelných látek. Dodávka vzduchu a spalovací proces jsou řízené odtahovým ventilátorem. To umožňuje rychlé roztopení kotle a dobré spalování již od zátopy.“ [30]

„Dvostupňové spalování a keramický spalovací prostor umožňují prakticky dokonalé spalování s minimem škodlivých exhalací. Kotle splňují limity pro Ekologický šetrný výrobek. Kotle spadají podle normy ČSN EN 303–5 do 5. třídy. Splňují nejnáročnější požadavky EU-EKODESIGN 2015/1189. Kotel je zařazen do kotlíkových dotací“ [30]

Předepsané palivo je suché dřevo o výhřevnosti 15-18 MJ/kg, vlhkosti 12-20 %, průměru 80-150 mm a maximální délce 530 mm. [30]



Obrázek 4.1 Zplyňovací kotel ATMOS DC25GD [30]

<i>Výkon</i>	25 kW
<i>Účinnost</i>	90,5 %
<i>Elektrický příkon</i>	Odhad 50 W
<i>Pořizovací cena</i>	71 800 Kč vč. DPH

Tabulka 4.1 Technické údaje [8]

4.1.2 Zplyňovací kotle na dřevěné brikety ATMOS DC30RS

„Ekologické teplovodní kotle ATMOS DC30RS jsou určeny pro vytápění rodinných domků, chat, chalup a jiných obdobných objektů o tepelných ztrátách 15-32 kW. Kotle jsou konstruovány výhradně pro spalování kvalitních dřevěných briket a kusového dřeva. Kotel je vybaven sacím ventilátorem, který minimalizuje kouření při přikládání a provozu kotle. Dle ČSN EN 303-5 splňuje emisní třídu 4.“ [43]

Kotel je speciálně konstruován na spalování dřevěných briket o průměru 75-100 mm a maximální délce 330 mm. Jako náhradní palivo lze použít polenové dřevo. [43]



Obrázek 4.2 Kotel DC 30 RS [30]

<i>Výkon</i>	32 kW
<i>Účinnost</i>	90,7 %
<i>Elektrický příkon</i>	Odhad 50 W
<i>Pořizovací cena</i>	29 800 Kč vč. DPH

Tabulka 4.2 Technické údaje [8]

4.1.3 Automatický kotel na tuhá paliva VIADRUS A3W

„VIADRUS A3W je oceloplechový kotel na hnědé uhlí a dřevní pelety s automatickým podavačem paliva. Díky vysoké účinnosti je kotel v emisní třídě 5 a splňuje podmínky na Ekodesign.“ [9] Kotel je zařazen do kotlíkových dotací. [9]



Obrázek 4.3 Automatický kotel na tuhá paliva VIADRUS A3W [31]

Výkon		7,5-25 kW
Účinnost	Hnědé uhlí	91,0 %
	Dřevní pelety	88,5 %
Elektrický příkon		105 W
Pořizovací cena		94 500 Kč vč. DPH

Tabulka 4.3 Technické údaje [9,10]

4.1.4 Plynový kondenzační kotel Panther Condens

„Závěsné kondenzační plynové kotle Panther Condens se svým vysokým stupněm účinnosti až 109,5 % a použitou osvědčenou technologií nerezové spalovací komory řadí k vrcholným produktům evropského trhu. Při vývoji kotle byl kladen důraz zejména na intuitivní obsluhu. Kotle nabízí široký výkonový rozsah, nízkou spotřebou plynu a moderní design, který zapadá do každého interiéru. Kotel je zařazen do kotlíkových dotací“ [32]



Obrázek 4.4 Plynový kondenzační kotel Panther Condens [32]

Výkon	9,3-32,8 kW
Účinnost	107,1 %
Elektrický příkon	113 W
Pořizovací cena	50 457 Kč vč. DPH

Tabulka 4.4 Technické údaje [11,32]

4.1.5 Olejový kondenzační kotel Logano plus GB125

„Logano plus GB125 zajišťuje pohodlnou manipulaci při montáži a rovněž usnadňují jeho zapojení. Díky modroplamennému olejovému hořáku Logatop BE, robustní konstrukci a kotlového tělesa z patentované litiny Buderus Guss GL180M a sekundárního spalínového výměníku z nerez 1.4404 se v kotli kloubí dlouhá životnost, spolehlivost a vysoká účinnost.“ [33]



Obrázek 4.5 Kondenzační kotel na olej Logano plus GB125 [33]

<i>Výkon</i>	29 kW
<i>Účinnost</i>	91,3 %
<i>Elektrický příkon</i>	259 W
<i>Pořizovací cena</i>	143 990 Kč vč. DPH

Tabulka 4.5 Technické údaje [12]

4.2 Výpočet nákladů vybraných kotlů

Pro ekonomické posouzení vybraných kotlů byl zvolen rodinný dům ležící na Znojemsku. Dům byl postaven v 90. letech a skládá se ze suterénu s garáží, přízemí, 1. patra a půdy. Vytápěny jsou pouze obytné prostory v přízemí a prvním patře. K vytápění se využívá litinový prohořivací kotel Viadrus na tuhá paliva s ručním přikládáním. Jako palivo se používá dřevo a černé uhlí. Z účtů za palivo za posledních 5 let a účinnosti kotle byla vypočítána průměrná roční spotřeba energie $Q_{rok} = 89,5$ GJ.

<i>Palivo</i>	<i>Výhřevnost Q_{pi}</i>	<i>Cena vč. DPH</i>	<i>Zdroj</i>
<i>Hnědé uhlí</i>	<i>Pro klasické kotle</i> 17,6 MJ/kg	3700 Kč/t	[34]
	<i>Pro automatické kotle</i> 17,6 MJ/kg	4980 Kč/t	[35]
<i>Černé uhlí</i>	<i>Pro klasické kotle</i> 28,5 MJ/kg	5500 Kč/t	[36]
<i>Palivové dřevo</i>	7560 MJ/prm	1350 Kč/prm	[37]
<i>Brikety</i>	19 MJ/kg	5350 Kč/t	[38]
<i>Pelety</i>	18,35 MJ/kg	6050 Kč/t	[39]
<i>Zemní plyn</i>	34,1 MJ/m ³	13,5 Kč/m ³	[40]
<i>ELTO</i>	36,2 MJ/l	29,83 Kč/l	[41]

Tabulka 4.6 Vlastnosti paliv

Pro každý kotel bude nejdříve vypočítána roční spotřeba paliva a následně jeho cena. Dále z provozní doby kotle vypočítáme spotřebu elektrické energie a její cenu. Cena elektřiny pro výpočet byla stanovena na 3,24 Kč/kWh. [42] Při výpočtech budeme vycházet z následujících vztahů:

Roční spotřeba paliva: $m_{pi} = \frac{Q_{rok}}{Q_{pi} \cdot \eta_i}$ [kg, prm, m³, l]

Provozní doba kotle: $T_i = \frac{Q_{rok}}{P_i \cdot 3600}$ [h]

Spotřeba elektrické energie: $E_i = P_{\check{i}} \cdot T_i$ [kWh]

4.2.1 Výpočet nákladů na vytápění kotlem ATMOS DC25GD

Zadané hodnoty (viz Tab. 4.1, 4.6):

$$P_1 = 25 \text{ kW}$$

$$P_{\check{1}} = 50 \text{ W}$$

$$\eta_1 = 90,5 \%$$

$$Q_{p1} = 7560 \text{ MJ/prm}$$

$$\text{Cena paliva: } 1350 \text{ Kč/prm}$$

$$\text{Cena elektřiny: } 3,24 \text{ Kč/kWh}$$

Roční spotřeba paliva:

$$m_{p1} = \frac{Q_{rok}}{Q_{p1} \cdot \eta_1} = \frac{89500}{7560 \cdot 0,905} = 13,08 \text{ prm}$$

Roční náklady na palivo:

$$N_{p1} = m_{p1} \cdot 1350 = 13,08 \cdot 1350 = 17658 \text{ Kč}$$

Provozní doba kotle:

$$T_1 = \frac{Q_{rok}}{P_1 \cdot 3600} = \frac{89,5 \cdot 10^9}{25 \cdot 10^3 \cdot 3600} = 994,4 \text{ h}$$

Spotřeba elektrické energie:

$$E_1 = P\check{r}_1 \cdot T_1 = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 994,4 = 49,7 \text{ kWh}$$

Roční náklady na elektrickou energii:

$$N_{e1} = E_1 \cdot 3,24 = 49,7 \cdot 3,24 = 161 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady:

$$N_1 = N_{p1} + N_{e1} = 17658 + 161 = 17674 \text{ Kč}$$

4.2.2 Výpočet nákladů na vytápění kotlem ATMOS DC30RS

Zadané hodnoty (viz Tab. 4.2, 4.6):

$$P_2 = 32 \text{ kW}$$

$$P\check{r}_2 = 50 \text{ W}$$

$$\eta_2 = 90,7 \%$$

$$Q_{p2} = 19 \text{ MJ/kg}$$

Cena paliva: 5,35 Kč/kg

Cena elektřiny: 3,24 Kč/kWh

Roční spotřeba paliva:

$$m_{p2} = \frac{Q_{rok}}{Q_{p2} \cdot \eta_2} = \frac{89500}{19 \cdot 0,907} = 5194 \text{ kg}$$

Roční náklady na palivo:

$$N_{p2} = m_{p2} \cdot 5,35 = 5194 \cdot 5,35 = 27788 \text{ Kč}$$

Provozní doba kotle:

$$T_2 = \frac{Q_{rok}}{P_2 \cdot 3600} = \frac{89,5 \cdot 10^9}{32 \cdot 10^3 \cdot 3600} = 776,9 \text{ h}$$

Spotřeba elektrické energie:

$$E_2 = P\check{r}_2 \cdot T_2 = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 776,9 = 38,8 \text{ kWh}$$

Roční náklady na elektrickou energii:

$$N_{e2} = E_2 \cdot 3,24 = 38,8 \cdot 3,24 = 126 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady:

$$N_2 = N_{p2} + N_{e2} = 27788 + 126 = 27914 \text{ Kč}$$

4.2.3 Výpočet nákladů na vytápění kotlem VIADRUS A3W

Zadané hodnoty (viz Tab. 4.3, 4.6):

$$P_3 = 25 \text{ kW}$$

$$P_{\check{r}3} = 105 \text{ W}$$

$$\eta_{31} = 91 \%$$

$$\eta_{32} = 88,5 \%$$

$$Q_{p31} = 17,6 \text{ MJ/kg}$$

$$Q_{p32} = 18,35 \text{ MJ/kg}$$

Cena paliva 1: 4,98 Kč/kg

Cena paliva 2: 6,05 Kč/kg

Cena elektřiny: 3,24 Kč/kWh

4.2.3.1 Výpočet na vytápění hnědým uhlím

Roční spotřeba paliva:

$$m_{p31} = \frac{Q_{rok}}{Q_{p31} \cdot \eta_{31}} = \frac{89500}{17,6 \cdot 0,91} = 5588,2 \text{ kg}$$

Roční náklady na palivo:

$$N_{p31} = m_{p31} \cdot 4,98 = 5588,2 \cdot 4,98 = 27829 \text{ Kč}$$

Provozní doba kotle:

$$T_3 = \frac{Q_{rok}}{P_3 \cdot 3600} = \frac{89,5 \cdot 10^9}{25 \cdot 10^3 \cdot 3600} = 994,4 \text{ h}$$

Spotřeba elektrické energie:

$$E_3 = P_{\check{r}3} \cdot T_3 = 105 \cdot 10^{-3} \cdot 994,4 = 104,4 \text{ kWh}$$

Roční náklady na elektrickou energii:

$$N_{e3} = E_3 \cdot 3,24 = 104,4 \cdot 3,24 = 338 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady:

$$N_{31} = N_{p31} + N_{e3} = 27829 + 338 = 28167 \text{ Kč}$$

4.2.3.2 Výpočet na vytápění dřevěnými peletami

Roční spotřeba paliva:

$$m_{p32} = \frac{Q_{rok}}{Q_{p32} \cdot \eta_{32}} = \frac{89500}{18,35 \cdot 0,885} = 5511,2 \text{ kg}$$

Roční náklady na palivo:

$$N_{p32} = m_{p32} \cdot 6,05 = 5511,2 \cdot 6,05 = 33343 \text{ Kč}$$

Provozní doba kotle:

$$T_3 = \frac{Q_{rok}}{P_{32} \cdot 3600} = \frac{89,5 \cdot 10^9}{25 \cdot 10^3 \cdot 3600} = 994,4 \text{ h}$$

Spotřeba elektrické energie:

$$E_3 = P\check{r}_3 \cdot T_3 = 105 \cdot 10^{-3} \cdot 994,4 = 104,4 \text{ kWh}$$

Roční náklady na elektrickou energii:

$$N_{e3} = E_3 \cdot 3,24 = 104,4 \cdot 3,24 = 338 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady:

$$N_{32} = N_{p32} + N_{e3} = 33343 + 338 = 33681 \text{ Kč}$$

4.2.4 Výpočet nákladů na vytápění kotlem Panther Condens

Zadané hodnoty (viz Tab. 4.4, 4.6):

$$P_4 = 32,8 \text{ kW}$$

$$P\check{r}_4 = 113 \text{ W}$$

$$\eta_4 = 107,1 \%$$

$$Q_{p4} = 34,1 \text{ MJ/m}^3$$

$$\text{Cena paliva: } 13,5 \text{ Kč/m}^3$$

$$\text{Cena elektřiny: } 3,24 \text{ Kč/kWh}$$

Roční spotřeba paliva:

$$m_{p4} = \frac{Q_{rok}}{Q_{p4} \cdot \eta_4} = \frac{89500}{34,1 \cdot 1,071} = 2451 \text{ m}^3$$

Roční náklady na palivo:

$$N_{p4} = m_{p4} \cdot 13,5 = 2451 \cdot 13,5 = 33089 \text{ Kč}$$

Provozní doba kotle:

$$T_4 = \frac{Q_{rok}}{P_4 \cdot 3600} = \frac{89,5 \cdot 10^9}{32,8 \cdot 10^3 \cdot 3600} = 758 \text{ h}$$

Spotřeba elektrické energie:

$$E_4 = P_{\check{r}_4} \cdot T_4 = 113 \cdot 10^{-3} \cdot 758 = 85,7 \text{ kWh}$$

Roční náklady na elektrickou energii:

$$N_{e4} = E_4 \cdot 3,24 = 85,7 \cdot 3,24 = 278 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady:

$$N_4 = N_{p4} + N_{e4} = 33089 + 278 = 33367 \text{ Kč}$$

4.2.5 Výpočet nákladů na vytápění kotlem Logano plus GB125

Zadané hodnoty (viz Tab. 4.5, 4.6):

$$P_5 = 29 \text{ kW}$$

$$P_{\check{r}_5} = 259 \text{ W}$$

$$\eta_5 = 91,3 \%$$

$$Q_{p5} = 36,2 \text{ MJ/l}$$

Cena paliva: 29,83 Kč/l (spotřebitel může požádat o vrácení spotřební daně, jejíž platná sazba je 10,95 Kč/l. Ve výpočtech budu počítat s cenou 18,88 Kč/l bez spotřební daně.)

Cena elektřiny: 3,24 Kč/kWh

Roční spotřeba paliva:

$$m_{p5} = \frac{Q_{rok}}{Q_{p5} \cdot \eta_5} = \frac{89500}{36,2 \cdot 0,913} = 2708 \text{ l}$$

Roční náklady na palivo:

$$N_{p5} = m_{p5} \cdot 18,88 = 2708 \cdot 18,88 = 51127 \text{ Kč}$$

Provozní doba kotle:

$$T_5 = \frac{Q_{rok}}{P_5 \cdot 3600} = \frac{89,5 \cdot 10^9}{29 \cdot 10^3 \cdot 3600} = 857,3 \text{ h}$$

Spotřeba elektrické energie:

$$E_5 = P_{\check{r}_5} \cdot T_5 = 259 \cdot 10^{-3} \cdot 857,3 = 222 \text{ kWh}$$

Roční náklady na elektrickou energii:

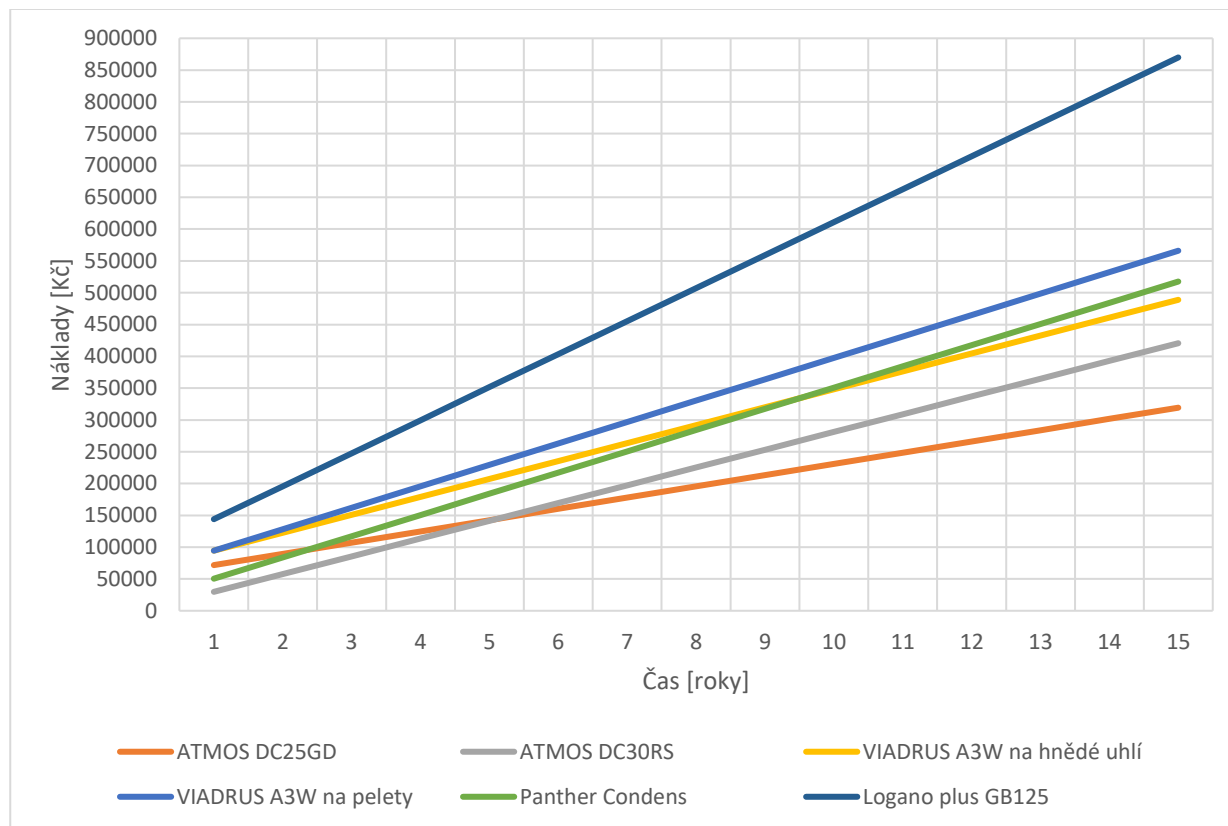
$$N_{e5} = E_5 \cdot 3,24 = 222 \cdot 3,24 = 720 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady:

$$N_5 = N_{p5} + N_{e5} = 51127 + 720 = 51847 \text{ Kč}$$

4.3 Grafické znázornění a zhodnocení výsledků

Vybrané kotle byly porovnány z hlediska pořizovacích a provozních nákladů. Výsledky jsou shrnuty v grafu 4.1, který předpokládá provoz kotlů na 15 let.



Graf 4.1 Roční nárůst nákladů na vytápění

Z grafu vyplývá, že nejnižší náklady na provoz má zplyňovací kotel na dřevo ATMOS DC25GD, a to i přes vyšší pořizovací cenu kotle. Je však nutné počítat s několikaletým uskladněním a následným zpracováním dřeva na potřebné rozměry. Jako dobrá alternativa se jeví zplyňovací kotel na dřevěné brikety ATMOS DC30RS, a to především díky nízkým pořizovacím nákladům. Palivo není náročné na uskladnění a je připravené na okamžité spalování. Nevýhodou obou kotlů je jejich obsluha, která je potřeba několikrát denně.

Pokud chceme obsluhu kotle minimalizovat, tak finančně nejvýhodněji vychází provoz automatického kotle VIADRUS A3W při provozu na hnědé uhlí. Náklady při provozu stejného kotle na pelety jsou značně vyšší, to je dáno vyšší cenou paliva a nižší účinností kotle při spalování pelet. Jen o něco větší náklady na vytápění, než má automatický kotel na hnědé uhlí, jsou u kondenzačního kotle na plyn Panther Condens. Provoz tohoto kotle je plně automatizovaný, tudíž nepotřebuje téměř žádnou obsluhu. Stejně výhody jako plynový kondenzační kotel má olejový kondenzační kotel, avšak pořizovací a provozní náklady jsou mnohem vyšší.

Závěr

K vytápění domu můžeme využít různé typy kotlů na různá paliva – tuhá, plynná a kapalná. Nejpoužívanějším palivem v ČR je plyn. Plynové kotle mohou být standardní, nízkoteplotní a kondenzační. Kondenzační kotle dosahují velmi vysoké účinnosti. Provoz plynových kotlů je navíc velmi ekologický a zcela bezobslužný. Kondenzační kotle jsou jediné, které splňují směrnici o ekodesignu, ostatní kotle se od 26. září 2015 nesmí uvádět na trh. Velkou oblibu stále mají tuhá paliva, a to především palivo na bázi dřeva, jehož obliba v posledních letech vzrostla. Naopak se snížil počet domácností používající uhlí. Na trhu můžeme najít velké množství kotlů spalující tuhá paliva – prohořivací, odhořivací a zplyňovací kotle s manuálním přikládáním nebo automatické kotle. Standardní odhořivací a prohořivací kotle většinou nesplňují emisní třídu 3, proto se již od roku 2013 v ČR nesmí prodávat a od roku 2022 ani nebudou moci být v provozu. Vytápění topnými oleji není v ČR příliš oblíbené. Důvodem je vysoká cena paliva a kotle. Uplatní se především v místech, kde nejsou zavedeny inženýrské sítě.

V závěrečné kapitole se nachází ekonomické posouzení kotlů na vytápění vzorového rodinného domu po dobu 15 let. K porovnání byly vybrány kotle různých konstrukcí a spalující různá paliva. Ve výpočtu jsou zahrnuty jak pořizovací, tak provozní náklady. Z ekonomického porovnání kotlů vychází nejlépe zplyňovací kotel na dřevo ATMOS DC25GD, naopak největší pořizovací i provozní náklady má kondenzační kotel na olej Logano plus GB125. Pokud chceme větší uživatelský komfort, tak vychází nejlevněji automatický kotel VIADRUS A3W na hnědé uhlí. Jen o něco více potom zaplatíme za provoz kondenzačního kotle na plyn Panther Condens.

Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] LYČKA, Zdeněk. *Malé teplovodní kotle na pevná paliva : spalování pevných paliv po roce 2013*. 1. Krnov: LING Vydavatelství, 2012. ISBN 978-80-904914-2-7.
- [2] NOSKIEVIČ, Pavel, Jan KOLONIČNÝ a Tadeáš OCHODEK. *Malé zdroje znečišťování* [online]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita v Ostravě - Výzkumné energetické centrum, 2004 [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4215.pdf>
- [3] KOLONIČNÝ, Jan, Jiří HORÁK a Silvie PETRÁNKOVÁ ŠEVČÍKOVÁ. *Kotle malých výkonů na pevná paliva*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2542-7.
- [4] ČSN EN 303-5:2012 Kotle pro ústřední vytápění – Část 5: Kotle pro ústřední vytápění na pevná paliva, s ruční nebo samočinnou dodávkou, o jmenovitém tepelném výkonu nejvýše 300 kW – Terminologie, požadavky, zkoušení a značení, ČNI, Praha, 2012.
- [5] ČSN EN 303-5:2000 Kotle pro ústřední vytápění – Část 5: Kotle pro ústřední vytápění na pevná paliva, s ruční nebo samočinnou dodávkou, o jmenovitém tepelném výkonu nejvýše 300 kW – Terminologie, požadavky, zkoušení a značení, ČNI, Praha, 2000.
- [6] *Narřízení Komise 2015/1189: kotle na tuhá paliva*. In: . Brusel, 2015.
- [7] *Narřízení Komise 813/2013: ohřívače pro vytápění vnitřních prostorů a kombinovaných ohřívačů (kotle na plynná a kapalná paliva, solární tepelné systémy, tepelná čerpadla a kogenerační jednotky)*. In: . Brusel, 2013.
- [8] *KOTLE NA DŘEVO, DŘEVĚNÉ BRIKETY A UHLÍ*. Bělá pod Bezdězem, 2017.
- [9] *VIADRUS A3W*. Bohumín.
- [10] *CENÍK ČESKÁ REPUBLIKA*. Bohumín, 2017.
- [11] *Ceník výrobků 2017*. Praha, 2017.
- [12] *Logano plus GB125*. Praha, 2017.
- [13] Sčítání lidu, domů a bytů. In: *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=&katalog=30611&pvo=ZVCR026&z=T>
- [14] Předběžné výsledky Sčítání lidu, domů a bytů 2011. In: *Sčítání lidu, domů a bytů 2011* [online]. 2011 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/sldb/predbezne_vysledky_scitani_lidu_domu_a_bytu_2011
- [15] Vytápění na pevná paliva. In: *InfoBYDLENÍ* [online]. Hradec Králové, 2016 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.infobydleni.cz/news/vytapeni-na-pevna-paliva/>
- [16] Technologie produktů - kamna na dřevo. In: *EDILKAMIN* [online]. Havlíčkův Brod, ©2010 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://www.edilkamin-cz.cz/edilkamin/technologie-produktu-kamna-na-drevo/>

- [17] LYČKA, Zdeňek. Jak vybírat nový kotel na pevná paliva. In: *Tzbinfo* [online]. Praha, 2013 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>
- [18] AUTOMATICKÝ KOTEL NA PELETY SE ZÁSObNÍKEM GUNTAMATIC BIOSTAR. In: *Biom* [online]. Praha, ©2001-2009 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/obrazek/automaticky-kotel-na-pelety-se-zasobnikem-guntamatic-biostar>
- [19] S plynem od správného dodavatele ušetříte až třetinu nákladů na vytápění. In: *Tzbinfo* [online]. 2012 [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/111156-s-plynem-od-spravneho-dodavatele-usetrite-az-tretinu-nakladu-na-vytapani>
- [20] VALENTA, Vladimír. Kondenzační kotel pro každého (I). In: *Tzbinfo* [online]. Praha, 2002 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/868-kondenzacni-kotel-pro-kazdeho-i>
- [21] Vitopend 100-W. In: *Viessmann* [online]. Allendorf [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/plynove-kotle/nizkoteplotni-plynove-kotle/vitopend-100-w.html>
- [22] Plynový kotel kondenzační nebo klasický? In: *InfoBYDLENÍ* [online]. Hradec Králové, 2009 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.infobydleni.cz/news/plynovy-kotel-kondenzacni-nebo-klasicky-/>
- [23] Kondenzační kotel. In: *M2invest* [online]. Praha, ©2008-2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://m2invest.cz/tepelne-hospodarstvi#pageContent>
- [24] GULLIVER BGK1. In: *Riello* [online]. Huntingdon, ©2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.rielloburners.co.uk/products/low-nox-burners/oil-burners/one-stage/gulliver-bgk-series/3737066>
- [25] Vytápění rodinných domů topným olejem I. In: *Tzbinfo* [online]. Ústí nad Labem: THERMOIL, 2010 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/6831-vytapani-rodinnych-domu-topnym-olejem-i>
- [26] Extra lehký topný olej - moderní ekologické palivo. In: *EGenergie* [online]. Praha, ©2015 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.egenergie.com/ropne-produkty/extra-lehky-topny-olej/>
- [27] Olejové kotle. In: *Viessmann* [online]. Allendorf [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/olejove-kotle.html>
- [28] HORÁK, Jiří, Lubomír MARTINÍK, Kamil KRPEC, Petr KUBESA, Jiří DVOŘÁK, František HOPAN, Zuzana JANKOVSKÁ a Vendula DRASTICHOVÁ. Jaké parametry musí splnit kotle na tuhá paliva? Legislativa v ČR a Evropě. In: *Tzbinfo* [online]. Praha, 2013 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9665-jake-parametry-musi-splnit-kotle-na-tuha-paliva-legislativa-v-cr-a-evrope>
- [29] Sbírka zákonů č. 201/2012 Sb. – o ochraně ovzduší. Zákon ze dne 2. května 2012.

- [30] Zplynovací kotle na dřevo - DOKOGEN. In: *Atmos* [online]. Bělá pod Bezdězem [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/zplynovaci-kotle-na-drevo-dokogen/>
- [31] Automatický kotel na tuhá paliva VIADRUS A3W. In: *Viadrus* [online]. Bohumín, ©2013 [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://viadrus.cz/automaticke-kotle/automaticky-kotel-na-tuha-paliva-viadrus-a3w-29-cz34.html>
- [32] Závěsný plynový kondenzační kotel. In: *Protherm* [online]. Chrastany, ©2017 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/product-detail-page-0.html>
- [33] Olejový kondenzační kotel Logano plus GB125. In: *Buderus* [online]. Praha, ©2017 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: http://www.buderus.cz/produkty/kotle/kondenzacni-kotle_prod/logano-plus-gb125.html
- [34] Bílinská Kostka - Ledvice. In: *Havelka* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.havelka.cz/bilinska-kostka-ledvice/>
- [35] PYTLOVANÉ HNĚDÉ LEDVICKÉ. In: *Optimtop* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.optimtop.cz/pytlovane-hnede-ledvicke-bilinske-uhli-orech-2-pro-automaticke-kotle-800-kg/>
- [36] Černé uhlí - ořech 1. In: *Havelka* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.havelka.cz/cerne-uhli-orech-1-25-50-mm/>
- [37] *Dokamen* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.dokamen.cz/>
- [38] DŘEVĚNÉ VÁLCOVÉ BRIKETY MIX. In: *Optimtop* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.optimtop.cz/drevene-valcove-brikety-mix-top-dub-buk-840-kg/>
- [39] DŘEVĚNÉ PELETY PREMIUM A1. In: *Optimtop* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.optimtop.cz/drevene-pelety-premium-a1-825-kg-1/>
- [40] Ceník Variant. In: *Eon* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/-a74715?field=data>
- [41] VLASTNOSTI A KVALITA PALIVA. In: *Thermoil* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.thermoil.cz/topny-olej/vlastnosti-a-kvalita-paliva>
- [42] Ceník elektřiny. In: *Eon* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/-a77601?field=data>
- [43] Zplynovací kotle na dřevěné brikety a dřevo. In: *Atmos* [online]. Bělá pod Bezdězem [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/zplynovaci-kotle-na-drevene-brikety-a-drevo/>

Seznam použitých zkratk a symbolů

<i>Symbol</i>	<i>Význam</i>	<i>Jednotka</i>
η_i	Účinnost kotle	[%]
E_i	Roční spotřeba el. energie	[kWh]
m_{pi}	Roční spotřeba paliva	[kg, l, prm, m ³]
N_i	Celkové roční náklady na provoz	[Kč]
N_{ei}	Roční náklady na el. energii	[Kč]
N_{pi}	Roční náklady na palivo	[Kč]
P_i	Výkon kotle	[kW]
$Př_i$	El. příkon kotle	[W]
Q_{pi}	Výhřevnost paliva	[MJ/kg, MJ/prm, MJ/l, MJ/m ³]
Q_{rok}	Roční spotřeba energie	[MJ]
T_i	Roční provozní doba kotle	[h]
OGC	Celkový organický uhlík	[mg/m ³]
-	Prostorový metr skládaný	[prm]